

생태계 서비스 가치평가를 위한 멸종위기 포유류의 종분포 연구*

- 전국자연환경조사 자료를 중심으로 -

전성우¹⁾ · 김재욱¹⁾ · 정휘철¹⁾ · 이우균²⁾ · 김준순³⁾

¹⁾ 한국환경정책·평가연구원 · ²⁾ 고려대학교 환경생태공학부 · ³⁾ 강원대학교 산림경영학과

Species Distribution Modeling of Endangered Mammals for Ecosystem Services Valuation*

- Focused on National Ecosystem Survey Data -

Jeon, Seong Woo¹⁾ · Kim, Jaekuk¹⁾ · Jung, Huicheul¹⁾ · Lee, Woo-Kyun²⁾ and Kim, Joon-Soon³⁾

¹⁾ Korea Environment Institute,

²⁾ Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University,

³⁾ Department of Forest Management, Kangwon National University.

ABSTRACT

The provided habitat of many services from natural capital is important. But because most ecosystem services tools qualitatively evaluated biodiversity or habitat quality, this study quantitatively analyzed those aspects using the species distribution model (MaxEnt). This study used location point data of the goat(*Naemorhedus caudatus*), marten(*Martes flavigula*), leopard cat(*Prionailurus bengalensis*), flying squirrel(*Pteromys volans aluco*) and otter(*Lutra lutra*) from the 3rd National Ecosystem Survey. Input data utilized DEM, landcover classification maps, Forest-types map and digital topographic maps. This study generated the MaxEnt model, randomly setting 70% of the presences as training data, with the remaining 30% used as test data, and ran five cross-validated replicates for each model. The threshold indicating maximum training sensitivity plus specificity was considered as a more robust approach, so this study used it to conduct the distribution into presence(1)-absence(0)

* 이 논문은 2013년도 환경부 차세대 에코이노베이션 기술 개발사업의 지원으로 수행되었음(과제번호: 2012-00021-0001).

First author : Jeon, Seong Woo, Korea Environment Institute, 290 Jinheungno, Eunpyeong-gu, Seoul 122-706, Korea,
Tel : +82-2-380-7661, E-mail : swjeon@kei.re.kr

Corresponding author : Kim, Jaekuk, Korea Environment Institute, 290 Jinheungno, Eunpyeong-gu, Seoul 122-706, Korea,
Tel : +82-2-6922-7853, E-mail : jukim@kei.re.kr

Received : 19 December, 2013. **Revised** : 10 January, 2014. **Accepted** : 5 January, 2014.

predictions and totalled up a value of 5 times for uncertainty reduction. The test data's ROC curve of endangered mammals was as follows: growing down goat(0.896), otter(0.857), flying squirrel(0.738), marten(0.725), and leopard cat(0.629). This study was divided into two groups based on habitat: the first group consisted of the goat, marten, leopard cat and flying squirrel in the forest; and the second group consisted of the otter in the river. More than 60 percent of endangered mammals' distribution probability were 56.9% in the forest and 12.7% in the river. A future study is needed to conduct other species' distribution modeling exclusive of mammals and to develop a collection method of field survey data.

Key Words : *Natural capital, Supporting Services, Endangered Speices, Biodiversity.*

I. 서 론

자연환경이 인간에게 오랜 기간 동안 경제적 가치를 제공한다는 것에서 착안한 자연자산(natural capital)은 우리나라의 『자연환경보전법』에도 정의되어 있으며, Costanza et al.(1997)와 MA(2003)에서 자연자산에 대한 다양한 유형 및 생태계 서비스의 여러 가지 기능에 대한 논의가 시작된 이후에 많은 연구가 진행되었다(State of New Jersey, 2007; Jeon et al., 2013).

자연자산의 생태계 서비스 기능 중 지원기능인 생물다양성 또는 서식처의 질을 평가하는 방법이 많이 개발되어 있으나(Leh et al., 2013; Baral et al., 2014), 대부분 상대적인 값 또는 지수를 제시하기 때문에 경제적 가치를 추정하기 어렵다. 국내외에서 이루어진 생물다양성을 위한 멸종위기 야생생물 또는 산림유전자원보호림의 보전가치에 대한 연구에서는 종의 존재 유무에 따른 경제적 가치를 산출하고 있다(Yeo and Bang, 2007; Yeo and Jang, 2007; Kontogianni et al., 2012). 따라서 종의 존재 유무를 예측하기 위한 정량적인 평가 결과를 실시하여 경제적 가치를 추정하는데 활용할 필요가 있다.

생물 종의 분포에 대한 정량적인 평가는 주로 종분포 모형을 이용해서 이루어지고 있으

며, 국내에서는 환경부에서 제공하는 전국자연환경조사의 멸종위기종 자료가 많이 이용되고 있다(Kim et al., 2012).

멸종위기 야생생물 중 포유류는 1급 11종, 2급 9종 등 20종이 지정되어 있으나, 전국자연환경조사 자료에서 조사된 자료의 한계로 인하여 종분포 모형에 활용할 수 있는 종은 산양, 수달, 담비, 삵, 하늘다람쥐 등 5종이다(2012년 7월 27일 현재).

산양(*Naemorhedus caudatus*)은 경북 북부와 설악산 지역에서 현장조사가 이루어졌으며(Park, 2011b; Cho, 2013), 설악산과 전국을 대상으로 한 종분포 모형이 분석되었다(Choi, 2002; Seo et al., 2008a; Kim et al., 2012).

수달(*Lutra lutra*)은 식이물, 서식환경과 관련된 현장조사가 다른 포유류 멸종위기 야생생물보다 많이 연구되었으며(Han, 1998; Yang, 1999; Son, 2000; Cha, 2001; Lee and Son, 2003; Lee, 2004; Min et al., 2004; Nam, 2004; Cho, 2005; Lee and Cho, 2005; Min, 2007; Park, 2011a; Choi, 2012; Choi and Yoon, 2012; Kang, 2012; Lee, 2012), 설악산과 지리산, 강원도 홍천 지역에서 수달의 서식지 모델링 분석이 이루어졌다(Joo, 2002; Altjin, 2012; Kwon et al., 2012).

담비(*Martes flavigula*)는 현장조사 결과가 발표된 연구는 없는 것으로 나타났고, 지리산

과 전국을 대상으로 한 종분포 모형 연구가 진행되었다(Kim et al., 2012; Kwon et al., 2012).

삾(*Prionailurus bengalensis*)은 지리산을 포함하여 전국적인 현장조사가 이루어졌으며(Lee, 2008; Choi et al., 2012), 충청도, 지리산, 전국 등 다양한 지역에서 모델링 분석이 진행되었다(Lee and Song, 2008; Kim et al., 2012; Kwon et al., 2012; Lee et al., 2012a).

국내에서는 하늘다람쥐(*Pteromys volans aluco*)에 대한 연구가 이루어지지 않았으나, 국외에서는 우리나라에 서식하는 같은 종을 대상으로 한 연구가 많이 이루어졌다(Hokkanen et al., 1982; Hanski et al., 2000; Selonen and Hanski, 2004; Hurme et al., 2005; 2008; Kadoya et al., 2010; Suzuki and Yanagawa, 2012).

본 연구에서는 자연자산(산림, 초지, 습지)에 서식하는 5종의 포유류 멸종위기 야생생물 분포를 종분포 모형으로 예측하여 생태계 서비스의 지원기능을 정량적으로 평가하는데 활용하고자 한다.

II. 연구범위 및 방법

본 연구에서는 포유류 멸종위기 야생생물

자료를 수집하기 위하여 3차 전국자연환경조사 자료(2006~2010)를 활용하였다. 2차 전국자연환경조사의 자료 수집 방법을 개선한 3차 전국자연환경조사는 1 : 25,000 지형도를 기준으로 위·경도 각각 2' 30"씩 9개 격자로 나누어서 모든 격자에 대한 생물종 자료의 위치 자료를 수집하여 조사밀도를 높였다(Kim et al., 2012).

종분포 모형에 필요한 입력자료로는 지형요소, 거리요소, 식이물, 식생관련 자료가 활용되었다. 지형요소로는 전국 DEM 자료를 이용하여 고도와 경사 값을 이용하였으며, 거리요소를 반영하기 위하여 수치지도에서 하천중심선 레이어, 중분류 토지피복지도에서 시가화/건조지역, 농업지역, 산림지역, 수역지역 등을 추출하여 Euclidean distance 기법으로 거리를 산출하였다(York et al., 2011). 수달의 분포는 식이물과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났기 때문에 3차 전국자연환경조사의 어류, 포유류, 양서·파충류 자료를 활용하였다. 또한 하늘다람쥐의 경우에는 나무와 나무 사이를 옮겨 다닐 때 흉고직경에 영향을 받기 때문에 임상도의 경급 자료를 이용하였다(Woodworth et al., 2000; Vernes, 2001; Kadoya et al., 2010).

Table 1. Information of endangered mammals on National Ecosystem Survey.

Species	2nd National Ecosystem Survey	3rd National Ecosystem Survey					Total	Grade
		2006	2007	2008	2009	2010		
Goat (<i>Naemorhedus caudatus</i>)	64	2	52	56	-	-	174	I
Otter (<i>Lutra lutra</i>)	272	94	264	317	319	269	1,535	
Marten (<i>Martes flavigula</i>)	156	47	77	108	105	85	578	II
Leopard Cat (<i>Prionailurus bengalensis</i>)	630	190	506	576	855	698	3,455	
Flying Squirrel (<i>Pteromys volans aluco</i>)	119	26	61	60	46	20	332	

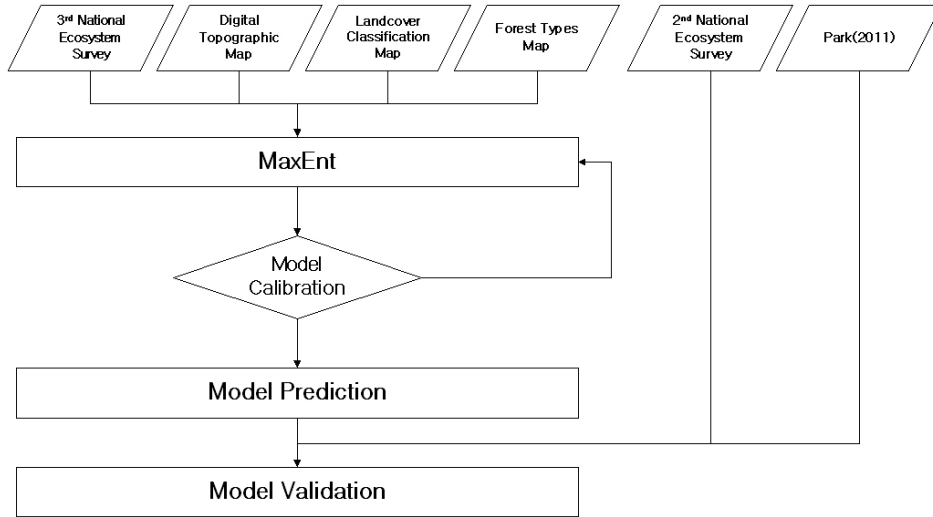


Figure 1. Research Flowchart.

종분포 모형은 생태적 지위 모형과 서식지 적합성 모형으로 구분할 수 있는데, 최근에는 종의 분포와 환경변수의 관계를 통계적인 방법이나 기계학습 방법을 사용하는 생태적 지위 모형이 주로 사용되고 있다. 기계학습식 종분포 모형은 데이터 가공 및 편집, 다양한 형태의 입력 자료의 사용 등 통계적 모형 보다 사용이 쉽고 예측력이 우수하여 국내의 서식지 예측에 적합한 모형으로 판단된다. 특히 전국자연환경조사 자료와 같이 출현 자료만을 이용해야 하는 경우에는 Maxent 모형이 효과적이라고 할 수 있다(Phillips et al., 2006; Seo et al., 2008b; Kim et al., 2012; Song and Kim, 2012). Maxent 모형은 모형개발자가 설정한 변수와 제한요소를 이용하여 통계역학과 최대 엔트로피를 가지는 확률분포를 예측하는 기계학습 모형으로 국내외에서도 많이 활용되고 있다(Phillips et al., 2006; Franklin, 2009; Kim et al., 2010; Lee and Kim, 2010; York et al., 2011; Lee et al., 2012b).

본 연구에서는 출현 자료의 70%를 이용하여 Maxent 모형으로 종분포를 예측하였고, 모형의 적합성을 검증하기 위하여 5회씩 반복하였다

(Kwon et al., 2012). 관측된 값과 예측된 값의 평균이 최소가 되는 “Maximum training sensitivity plus specificity” 값을 기준으로 출현(1)/비출현(0) 자료로 변환하였으며(Hu and Jiang, 2011; Tronstad and Andersen, 2011; Heibl and Renner, 2012; Ayebare et al., 2013), 불확실성을 줄이기 위하여 5회 반복된 값을 중별로 합산하였다. 생태계 서비스의 지원기능을 평가하기 위하여 산림기반 포유류(산양, 담비, 삿, 하늘다람쥐)의 경우에는 4종을 중첩하여 멸종위기 야생생물의 공간적 분포를 예측하였으며, 하천기반 포유류(수달)는 1종만을 대상으로 하였다.

또한, 본 연구에서는 종분포 모형의 검증을 위하여 중 출현 자료의 30%를 검증 자료로 이용하였으며, 추가적으로 2차 전국자연환경조사 및 Park(2011a)의 자료 등을 모형 검증에 활용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 산림기반 멸종위기 야생생물의 종분포 모형

포유류 멸종위기 야생생물 중 가장 높은 검증 적합도(test accuracy=0.896)를 나타낸 산양

Table 2. Variable, 5cvROC and validation of endangered mammals on forest.

Species	Variable	5cvROC*	Validation	
			2nd National Ecosystem Survey	3rd National Ecosystem Survey
Goat (<i>Naemorhedus caudatus</i>)	Elevation, Distance from agricultural area, Distance from water area, Slope	0.896	55.9%	90.3%
Marten (<i>Martes flavigula</i>)	Elevation, Distance from urban area, Distance from forest inner area, Distance from water area	0.725	65.2%	72.5%
Leopard Cat (<i>Prionailurus bengalensis</i>)	Elevation, Distance from urban area, Distance from agricultural area, Distance from forest inner area, Distance from water area, Slope	0.629	50.0%	59.8%
Flying Squirrel (<i>Pteromys volans aluco</i>)	Elevation, Diameter class, Distance from urban area	0.738	53.2%	73.5%

* 5cvROC: mean of ROC for 5-fold cross-validation on Maxent.

은 고도, 농경지로부터의 거리, 수역으로부터의 거리, 경사 등의 환경변수가 종분포 모형에 이용되었다.

0.725의 검증 적합도를 나타낸 담비는 고도, 시가화지역으로부터의 거리, 산림내부로의 거리, 수역으로부터의 거리를 이용하여 종분포를 예측하였다. 삶은 다양한 환경에서 서식하기 때문에 특별히 선호하는 변수를 예측하기 어려워 가장 낮은 검증 적합도인 0.629를 나타낸 것으로 판단되며(Kim et al., 2010), 선정된 변수는 고도, 시가화지역으로부터의 거리, 농경지로부터의 거리, 산림내부로의 거리, 수역으로부터의 거리, 경사 등이다. 국내에서 연구가 이루어지지 않은 하늘다람쥐는 0.738의 적절한 검증 적합도를 나타내었으며(Manel et al., 2001), 종분포를 예측하기 위하여 고도, 임상도 경급, 시가화지역으로부터의 거리 변수를 활용하였다.

2차 전국자연환경조사 자료를 이용한 종분포 모형의 검증에서는 담비(65.2%)가 가장 높은 정확도를 나타내었고, 대부분의 종에서는 50% 내외

(산양-55.9%, 하늘다람쥐-53.2%, 삶-50.0%)의 상대적으로 낮게 나타났다. 반면에 3차 전국자연환경조사 자료를 이용한 검증에서는 삶(59.8%)을 제외한 대부분의 종에서 70% 이상의 높은 정확도(산양-90.3%, 하늘다람쥐-73.5%, 담비-72.5%)를 나타내었다. 이렇게 3차 자료에서 정확도가 높게 나타나는 이유는 수집된 위치자료의 수와 밀도가 증가하였기 때문으로 판단된다(Kim et al., 2012).

2. 하천기반 멸종위기 야생생물의 종분포 모형

포유류 멸종위기 야생생물 중 유일하게 하천을 기반으로 서식하는 수달은 0.857의 비교적 높은 검증 적합도를 나타내었으며, 종분포 예측과 관련해서 고도, 갈겨니, 꺾지, 피라미, 참갈겨니, 누치, 돌고기, 미유기, 등줄쥐, 시가화지역으로부터의 거리, 농경지로부터의 거리, 하천중심으로부터의 거리 등의 변수를 이용하였는데, 현장조사에서 나타난 식이물 특성이 많이 반영되었다.

2차 전국자연환경조사에서 수집된 149개 지

Table 3. Variable, 5cvROC and validation of endangered mammals on river.

Species	Variable	5cvROC*	Validation	
			2nd National Ecosystem Survey	3rd National Ecosystem Survey
Otter (<i>Lutra lutra</i>)	Elevation, Dark chub(<i>Zacco temmincki</i>), Korean aucha perch(<i>Coreoperca herzi Herzenstein</i>), Pale chub(<i>Zacco platypus</i>), Korean dark chub(<i>Zacco koreanus</i>), Steed barbel(<i>Hemibarbus labeo (Pallas)</i>), Stripe gudgeon (<i>Pungtungia herzi Herzenstein</i>), Slender catfish(<i>Silurus microdorsalis Mori</i>), Black-striped field mouse (<i>Apodemus agrarius</i>), Distance from urban area, Distance from agricultural area, Distance from river's center line	0.857	39.6%	73.3%

* 5cvROC: mean of ROC for 5-fold cross-validation on Maxent.

점을 이용한 모형의 검증 결과, 39.6%의 정확도를 나타내어 포유류 멸종위기 야생생물 5종 가운데 가장 정확도가 떨어지는 것으로 나타났다. 그러나, 3차 전국자연환경조사 자료를 이용한 정확도에서는 73.3%로 정확도가 향상되었다. 이러한 결과는 2차 전국자연환경조사 자료가 수계 및 산림을 중심으로 권역을 나눈 후에 권역 내 대표적인 산을 중심으로 조사가 이루어져 하천을 기반으로 하는 수달의 분포와 차이가 나타났다(Kim et al., 2012).

또한 Park(2011a)이 강원도 홍천지역에서 조사한 64개 지점의 종분포 모형 정확도를 확인한

결과 90.9%로 나타나 수달의 서식지 예측에 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 포유류 멸종위기 야생생물의 서식지 예측

중분류 토지피복지도와 임상도를 기반으로 한 자연자산(산림, 초지, 습지)에 서식하는 포유류 멸종위기 야생생물에 대한 종분포 모형을 5회씩 반복하여 도출된 결과를 임계값을 기준으로 출현(1)/비출현(0) 자료로 변환하였다(Table 4).

그 결과, 담비와 삵이 서식할 것으로 예측된 면적이 가장 넓게 나타났고, 하천을 기반으로 서식하는 수달의 분포 면적이 가장 좁게 나타

Table 4. Threshold of endangered mammals for presence/absence.

	Goat (<i>Naemorhedus caudatus</i>)	Marten (<i>Martes flavigula</i>)	Leopard Cat (<i>Prionailurus bengalensis</i>)	Flying Squirrel (<i>Pteromys volans aluco</i>)	Otter (<i>Lutra lutra</i>)
Model 0	0.223	0.409	0.494	0.443	0.249
Model 1	0.258	0.486	0.478	0.417	0.251
Model 2	0.263	0.396	0.497	0.408	0.260
Model 3	0.232	0.466	0.486	0.445	0.252
Model 4	0.207	0.431	0.477	0.397	0.248

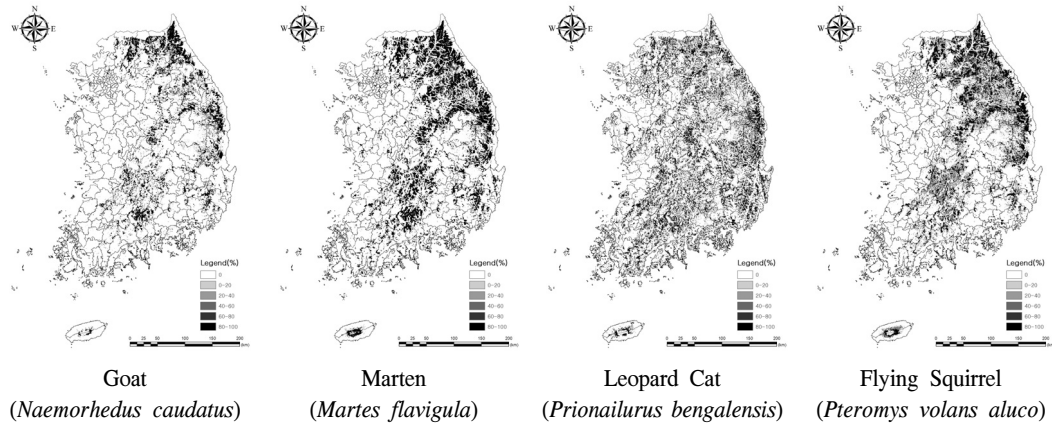
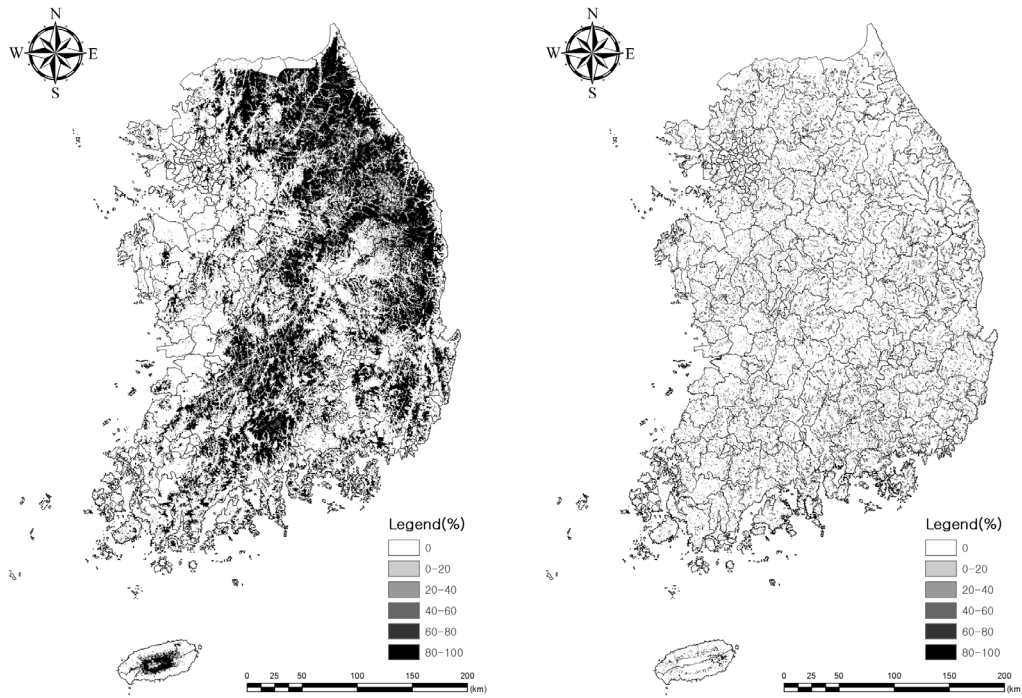


Figure 2. Spatial distribution probabilities of each species.



Endangered mammals in the forest

Endangered mammals in the river

Figure 3. Spatial distribution probabilities of endangered mammals.

났다. 산양과 담비, 하늘다람쥐 모두 주로 강원도와 백두대간을 따라 분포하였는데, 산양은 강원도 및 경북 북부, 지리산 지역에 집중적으로 분포할 것으로 예측되었고, 담비와 하늘다람쥐는 비슷한 분포 경향을 나타냈지만, 담비

가 서식할 확률이 높은 지역이 하늘다람쥐 보다 상대적으로 넓게 나타났다. 반면에 삵의 경우에는 전국적으로 골고루 분포하는 것으로 나타났다(Figure 2).

포유류 멸종위기 야생생물의 분포를 종합하

기 위하여 산림기반과 하천기반으로 구분한 결과, 산림기반의 멸종위기 야생생물이 종분포 모형 5회 반복 중 1회라도 출현할 것으로 예측된 지역은 자연자산(산림, 초지, 습지) 면적의 약 65.5%로 나타났고, 하천기반의 멸종위기 야생생물인 수달은 하천을 중심으로 16.2% 지역에 분포할 것으로 나타났다. 5회 중 3회 이상 포유류 멸종위기 야생생물이 분포할 것으로 예측된 지역은 56.9%(산림기반), 12.7%(하천기반)로 면적이 줄어들 것으로 예상되었다(Figure 3).

이렇게 예측된 멸종위기 야생생물의 분포는 자연자산이 갖고 있는 생태계 서비스의 지원 서비스 중 서식처 제공 기능에 대한 경제적 가치를 산출하는데 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 결 론

자연자산에 대한 관심이 높아지면서 국외에서는 다양한 연구가 진행되고 있으나, 국내에서는 아직까지 연구가 많이 이루어지지 않고 있다. 특히 생물다양성과 관련해서는 자료 수집 및 연구 방법론의 다양성 등 여러 가지 문제로 인하여 많은 논의가 필요하다고 할 수 있다. 자연자산은 멸종위기 야생생물에게 서식처를 제공함과 동시에 인간에게도 다양한 경험 및 혜택을 제공하고 있기 때문에 그 가치를 객관적이고 정량적으로 평가해야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 생태계 서비스의 서식처 제공 기능의 경제적 가치를 평가하는데 필요한 입력자료를 만들기 위하여 자연자산(산림, 초지, 습지)에 서식하는 포유류 멸종위기 야생생물의 분포를 예측하였다. 그 결과 산림기반 포유류 멸종위기 야생생물(산양, 담비, 삿, 하늘다람쥐)은 자연자산(산림, 초지, 습지) 면적의 65.5%인 394.5만ha, 하천기반 포유류 멸종위기 야생생물(수달)은 16.2%인 97.3만ha에 분포할 것으로 나타났다.

본 연구는 멸종위기 야생생물의 보전가치를 전국적인 단위에서 평가하기 위한 입력자료를 구축하였다는데 의의가 있으며, 향후에는 조류, 양서류 · 파충류, 곤충류, 육상식물 등 육상 생태계에 분포하는 멸종위기 야생생물을 대상으로 연구 범위를 확대해야 할 필요가 있다고 판단된다.

또한, 종분포 모형의 경우 다양한 방법이 존재하기 때문에 전국자연환경조사와 같이 출현 자료를 이용할 수 있는 모형이 개발되어야 하며 장기적으로는 생물종의 출현/비출현 자료의 구축도 이루어져야 할 것이다.

인 용 문 헌

- Altjin, S. 2012. Predictive Habitat Model for Eurasian Otter(*Lutra lutra*) inhabiting in the catchment of Naechon and Kuneob river. MS Thesis. Ewha Womans University, Seoul, Korea. (in English with Korean summary)
- Ayebare, S. · R. Ponce-Reyes · D. B. Segan · J. E. M. Watson · H. P. Possingham · A. Seimon and A. J. Plumptre. 2013. Identifying climate-resilient corridors for conservation in the Albertine Rift. Unpublished Report by the Wildlife Conservation Society to MacArthur Foundation.
- Baral, H. · R. J. Keenan · S. K. Sharma · N. E. Stork and S. Kasel. 2014. Spatial assessment and mapping of biodiversity and conservation priorities in a heavily modified and fragmented production landscape in north-central Victoria, Australia. Ecological Indicators 36: 552-562.
- Cha, S. M. 2001. Food Habits of Eurasian Otter (*Lutra lutra*) in Seomjin river and Namhae area in Korea. MS Thesis. Kyungnam University, Masan, Korea. (in Korean with English summary).

- Cho, C. U. 2013. Systematic study on the long-tailed goral(*Naemorhedus caudatus*), with ecology and conservation plan. Ph.D. Thesis. Chungbuk National University, Cheongju, Korea. (in Korean with English summary)
- Cho, H. S. 2005. An ecological study of river otters(*Lutra lutra*) in Geoje island of Korea. MS Thesis. Ewha Womans University, Seoul, Korea. (in English with Korean summary)
- Choi, J. W. 2012. A study on the food habit change factors of the otter(*Lutra lutra*) caused by the development of the Busan new port. MS Thesis. Kyungsoong University, Busan, Korea. (in Korean with English summary).
- Choi, J. W. and Yoon, M. H. 2012. A Study on Food Habits of the Otter, *Lutra lutra*, and Effects of Construction of the Busan New Port on its Prey. *Journal of Life Science* 22(6): 736-743(in Korean with English summary).
- Choi, T. Y. 2002. Establishing a Korean goral (*Nemorhaedus caudatus raddeanus heude*) reserve in Soraksan national park, Korea: By employing habitat evaluation and minimum viable population based on trace survey using GPS. MS Thesis. Seoul National University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)
- Choi, T. Y. · Kwon, H. S. · Woo, D. G. and Park, C. H. 2012. Habitat Selection and Management of the Leopard Cat(*Prionailurus bengalensis*) in a Rural Area of Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* 26(3): 322-332(in Korean with English summary).
- Costanza, R. · R. d'Arge · R. de Groot · S. Farber · M. Grasso · B. Hannon · K. Limburg · S. Naeem · R. V. O'Neill · J. Paruelo · R. G. Raskin · P. Sutton and M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Franklin, J. 2009. Mapping Species Distributions - Spatial Inference and Prediction. Cambridge, Cambridge University Press.
- Han, S. Y. 1998. The Ecological Studies of Eurasian Otter(*Lutra lutra*) in South KOREA. Ph.D. Thesis. Kyungnam University, Masan, Korea. (in Korean with English summary)
- Hanski, I. K. · P. C. Stevens · P. Ihalempiä and V. Selonen. 2000. Home-Range Size, Movements, and Nest-Site Use in the Siberian Flying Squirrel, *Pteromys volans*. *Journal of Mammalogy* 81(3): 798-809.
- Heibl, C. and S. S. Renner. 2012. Distribution Models and a Dated Phylogeny for Chilean Oxalis Species Reveal Occupation of New Habitats by Different Lineages, not Rapid Adaptive Radiation. *Systematic Biology* 61(5): 823-834.
- Hokkanen, H. · T. Törmälä and H. Vuorinen. 1982. Decline of the flying squirrel *Pteromys volans* L. populations in Finland. *Biological Conservation* 23(4): 273-284.
- Hu, J. and Z. Jiang. 2011. Climate Change Hastens the Conservation Urgency of an Endangered Ungulate. *PLOS ONE* 6(8): e22873. doi:10.1371/journal.pone.0022873.
- Hurme, E. · M. Mönkkönen · A. Nikula · V. Nivala · P. Reunanen · T. Heikkinen and M. Ukkola. 2005. Building and evaluating predictive occupancy models for the Siberian flying squirrel using forest planning data. *Forest Ecology and Management* 216(1-3): 241-256.
- Hurme, E. · M. Mönkkönen · A.-L. Sippola · H. Ylinen and M. Pentinsaari. 2008. Role of the Siberian flying squirrel as an umbrella species for biodiversity in northern boreal

- forests. *Ecological Indicators* 8(3): 246-255.
- Jeon, S. W. · Kim, J. U. and Jung, H. C. 2013. A Study on the Forest Classification for Ecosystem Services Valuation - Focused on Forest Type Map and Landcover Map. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 16(3): 31-39 (in Korean with English summary).
- Joo, W. Y. 2002. Eurasian Otter(*Lutra lutra*) habitat suitability modeling using GIS: A case study on Soraksan National Park. MS Thesis. Seoul National University, Seoul, Korea. (in English with Korean summary)
- Kadoya, N. · K. Iguchi · M. Matsui · T. Okahira · A. Kato · T. Oshida and Y. Hayashi. 2010. A preliminary survey on nest cavity use by Siberian flying squirrels, *Pteromys volans orii*, in forests of Hokkaido Island, Japan. *Russian Journal of Theriology* 9(1): 27-32.
- Kang, J. H. 2012. Characteristics of habitats of eurasian otter(*Lutra lutra*) in the Hangang river water system, Korea. Ph.D. Thesis. Chung-Ang University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)
- Kim, J. Y. · Ryu, J. E. · Tho, J. H. · Lee, D. B. · Lee, Y. K. · Kim, D. W. · Suh, J. H. · Suh, M. H. · Seo, C. W. · Kwon, H. S. · Seo, J. S. · Park, J. H. and J. H. Thorne. 2010. Species Distribution modeling using National Ecosystem Survey. National Institute of Environmental Research's Report.
- Kim, J. Y. · Seo, C. W. · Kwon, H. S. · Ryu, J. E. and Kim, M. J. 2012. A Study on the Species Distribution Modeling using National Ecosystem Survey Data. *Journal of Environmental Impact Assessment* 21(4): 593-607. (in Korean with English summary)
- Kontogianni, A. · C. Tourkolias · A. Machleras and M. Skourtos. 2012. Service providing units, existence values and the valuation of endangered species: A methodological test. *Ecological Economics* 79: 97-104.
- Kwon, H. S. · Seo, C. W. and Park, C. H. 2012. Development of Species Distribution Models and Evaluation of Species Richness in Jirisan region. *Journal of the Korean society for geo-spatial information system* 20(3): 11-18. (in Korean with English summary)
- Lee, D. K. and Kim, H. G. 2010. Habitat Potential Evaluation Using Maxent Model - Focused on Riparian Distance, Stream Order and Land Use. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 13(6): 161-172. (in Korean with English summary)
- Lee, D. K. and Song, W. K. 2008. A Study on the Analytic Unit of Habitat Suitability Assessment and Selection in Conservation Areas for Leopard Cat(*Prionailurus bengalensis*) - Focus on Chungcheong Province Area. *Journal of Korean institute of landscape architecture* 36(5): 64-72. (in Korean with English summary)
- Lee, O. S. 2008. Study on the prey habit and habitat preference of the Leopard cats(*Prionailurus bengalensis*). MS Thesis. Chonnam National University, Gwangju, Korea. (in Korean with English summary)
- Lee, S. D. 2012. Studies on Food Items of River Otter Residing in the Hongchon Stream. *Journal of Wetlands Research* 14(4): 591-596. (in Korean with English summary)
- Lee, S. D. and Cho, H. S. 2005. A study of Habitat Use Pattern of River Otters (*Lutra Lutra*) with Land-cover Map. *Journal of Environmental Impact Assessment* 14(6): 377-385. (in Korean with English summary)

- Lee, S. D. · Kwon, J. H. · Kim, A. R. and Jung, J. H. 2012a. A Study on Ecological Evaluation of Habitat Suitability Index using GIS - With a case study of *Prionailurus bengalensis* in Samjang-Sanchung Road Construction. *Journal of Environmental Impact Assessment* 21(5): 801-811. (in Korean with English summary)
- Lee, S. H. · Jung, H. C. and Choi, J. Y. 2012b. Projecting Climate Change Impact on the Potential Distribution of Endemic Plants (*Megaleranthis saniculifolia*) in Korea. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 15(3): 75-84. (in Korean with English summary)
- Lee, S. I. 2004. The Study on food activity of mustelidae, eurasian otter(*Lutra lutra*) and Korean yellow weasel(*Mustela sibirica coreana*) in river drainage basin of Mt. Jiri national park. Ph.D. Thesis. Kyungnam University, Masan, Korea. (in Korean with English summary)
- Lee, S. I. and Son, S. W. 2003. Analyses of Eurasian Otter(*Lutra lutra*) and Yellow weasel (*Mustela sibirica coreana*) spraints collected in Nakdong River's drainage basin of Jiri Mt. National Park. *Journal of Basic Sciences* 17: 143-158. (in Korean with English summary)
- Leh, M. D. K. · M. D. Matlock · E. C. Cummings and L. L. Nalley. 2013. Quantifying and mapping multiple ecosystem services change in West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 165: 6-18.
- Manel, S. · H. C. Williams and S. J. Ormerod. 2001. Evaluating presence - absence models in ecology: the need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology* 38(5): 921-931.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2003. *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Washington D.C.. Island Press.
- Min, H. G. 2007. Studies on the Behavior Ecology and Habitat Environment of Eurasian Otter(*Lutra lutra*) by Radio-Tracking. Ph.D. Thesis. Gyeongsang National University, Jinju, Korea. (in Korean with English summary)
- Min, H. G. · Lee, S. G. · Oh, K. C. · Kim, J. K. · Yun, S. L. and Park, E. H. 2004. Study on Environment of Habitat of Eurasian Otter (*Lutra Lutra*). *Journal of Agriculture and Life Sciences* 38(4): 1-9. (in Korean with English summary)
- Nam, T. W. 2004. Winter season food habits and habitat management of Eurasian otter(*Lutra lutra*) in Hwacheon-gun. MS Thesis. Kyungnam University, Masan, Korea. (in Korean with English summary)
- Park, B. H. 2011a. A Study on the Habitat of Hongcheon Stream and Feces Analysis of Eurasian Otter(*Lutra lutra*) in Korea. MS Thesis. Ewha Womans University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)
- Park, H. B. 2011b. The Habitat-using Characteristics of Long-tailed goral(*Naemorhedus caudatus*) in the Northern Region of Gyeongbuk Province and the Effect of Climate Change. MS Thesis. Kyungpook National University, Daegu, Korea. (in Korean with English summary)
- Phillips, S. J. · R. P. Anderson and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190(3-4): 231-259.
- Selonen, V. and I. K. Hanski. 2004. Young flying squirrels(*Pteromys volans*) dispersing in fragmented forests. *Behavioral Ecology* 15(4):

- 564-571.
- Seo, C. W. · Choi, T. Y. · Choi, Y. S. and Kim, D. Y. 2008a. A Study on Wildlife Habitat Suitability Modeling for Goral(*Nemorhaedus caudatus raddeanus*) in Seoraksan National Park. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology 11(3): 28-38. (in Korean with English summary)
- Seo, C. W. · Park, Y. R. and Choi, Y. S. 2008b. Comparison of Species Distribution Models According to Location Data. Journal of the Korean society for geo-spatial information system 16(4): 59-64. (in Korean with English summary)
- Son, J. I. 2000. Distribution and Habitat Use of Eurasian Otter(*Lutra lutra*) in Dong River, Korea. MS Thesis. Kyungnam University, Masan, Korea. (in Korean with English summary)
- Song, W. K. and Kim, E. Y. 2012. A Comparison of Machine Learning Species Distribution Methods for Habitat Analysis of the Korea Water Deer(*Hydropotes inermis argyropus*). Korean Journal of Remote Sensing 28(1): 171-180. (in Korean with English summary)
- State of New Jersey. 2007. Valuing New Jersey's Natural Capital: An Assessment of the Economic Value of the State's Natural Resources.
- Suzuki, K. and H. Yanagawa. 2012. Different Nest Site Selection of Two Sympatric Arboreal Rodent Species, Siberian Flying Squirrel and Small Japanese Field Mouse, in Hokkaido, Japan. Mammal Study 37(3): 243-247.
- Tronstad, L. and M. Andersen. 2011. Monitoring Rare Land Snails in the Black Hills National Forest. Report prepared by the Wyoming Natural Diversity Database, Laramie, Wyoming for the Black Hills National Forest Service, Custer, South Dakota.
- Vernes, K. 2001. Gliding Performance of the Northern Flying Squirrel(*Glaucomys sabrinus*) in Mature Mixed Forest of Eastern Canada. Journal of Mammalogy 82(4): 1026-1033.
- Woodworth, C. J. · E. K. Bollinger and T. A. Nelson. 2000. The effects of Forest Fragment Size, Isolation, and Microhabitat Variables on Nest Box Use by Southern Flying Squirrels(*Glaucomys volans*) in Southern Illinois. In (R. L. Goldingay and J. S. Scheibe, eds.) Biology of Gliding Mammals. Filander Verlag, Fürth: 135-147.
- Yang, D. H. 1999. Food Habits of Eurasian otter(*Lutra lutra*) in Yuncho-Dam, Koje in Korea. MS Thesis. Kyungnam University, Masan, Korea. (in Korean with English summary)
- Yeo, J. H. and Bang, S. W. 2007. Analysis of Professionals' Willingness to Pay about the KumKang Pine Tree Stock in Ul-Jin. Journal of Korean Institute of Forest Recreation 11(2): 11-23. (in Korean with English summary)
- Yeo, J. H. and Jang, W. W. 2007. Estimation of Biodiversity Conservation Value about the Heory Stock in Sun-Cheon. Journal of Korean Forest Society 96(4): 483-493 (in Korean with English summary).
- York, P. · P. Evangelista · S. Kumar · J. Graham · C. Flather and T. Stohlgren. 2011. A habitat overlap analysis derived from Maxent for Tamarisk and the South-western Willow Flycatcher. Frontiers of Earth Science 5(2): 120-129.